

Ткачук М.М., к.т.н., доцент, Клімов С.В., асистент (Рівненський державний технічний університет, м. Рівне)

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ДРЕНАЖНИХ МОДУЛІВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ГІДРОМЕЛІОРАТИВНИХ СИСТЕМ В ГУМІДНІЙ ЗОНІ

Приведена методика розрахунку параметрів дренажних модулів із використанням розроблених авторами та існуючих залежностей. Проведений аналіз меж застосування даних методик для проектування гідромеліоративних систем в гумідній зоні.

The technique of setting the parameters of drainage modules with the utilization developed by the authors and existing dependences is given. The analysis of the borders of the use of the given techniques for designing hidromeliorative systems in humid zones is carried out.

З метою розрахунку параметрів дренажних модулів [1,2] для проектування ГМС і скорішого їх впровадження у виробництво, нами розроблена методика визначення відстаней між різноглибокими дренами. Методика побудована на аналізі і уточненні відомих залежностей для розрахунку відстаней між традиційними дренами (укладених на однакову глибину). Це, насамперед, методики Костякова О.М. [3], Авер'янова С.Ф. [4], які включені до нормативних документів, і за якими проектується дренаж, а саме розраховуються відстані між дренами при ґрунтовому живленні водою, а також Олійника О.Я. [5] (при інфільтраційному живленні водою дренаж, укладених на різних глибинах). За методикою [5] відстані від максимальних ординат кривої депресії до глибокої дрени, визначається за формулою:

$$L' = \frac{\Delta H \cdot T + 2\varepsilon B \Phi_1 + 0.5\varepsilon B^2}{\varepsilon(B + 2\Phi_1 + 2\Phi_2)}, \quad (1)$$

де L' - відстань від максимальної ординати кривої депресії до глибокої дрени;

ΔH - перепад між дренами $\Delta H = \Delta t$;

T - провідність водоносного шару, м²/добу;

ε - інтенсивність інфільтрації, м/добу;

Φ_1, Φ_2 - фільтраційний опір дренажів (розраховується за Мурашко А.І.), м:

$$\Phi_1 = m_1 \cdot (B + \eta \Gamma i), \quad \Phi_2 = m_2 \cdot (B + \eta \Gamma i). \quad (2)$$

Використовуючи залежності (1, 3) для розрахунку витрат води з дренажів можна визначити міждренну відстань при інфільтраційному живленні.

$$q_1 = 2\varepsilon L', \quad q_2 = 2\varepsilon(B - L'). \quad (3)$$

Що стосується методики Олійника О.Я., то вивчення і аналіз залежностей (1, 3) і можливість використання їх для розрахунків відстаней між дренами, укладеними на різні глибини, які включені до регулюючого дренажного модуля (рис.1) показав, що відстань від максимальної ординати РГВ до глибокої дрени, а разом з тим загальну відстань між дренами В, можна розраховувати за (1,3), за умови вирішення питання визначення В не методом наближень, а за попередніми розрахунками. Це дозволяє забезпечити критерії оптимальності значення В і більш ефективно здійснювати регулювання режиму РГВ, а разом з тим режиму ґрунтових вод.

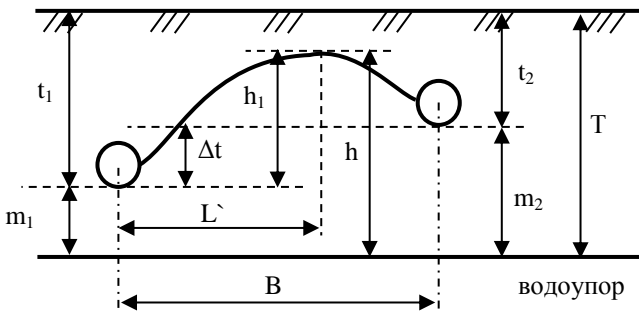


Рис.1. Розрахункова схема дренажного модуля.

З метою визначення параметру В для (1), нами перевірялась та уточнювалась формула Костякова О.М. [3] для розрахунку відстаней між дренами при глибокому заляганні водоупору ($B/m < 3$).

$$B = \frac{\pi kh}{q \left(\ln \frac{B_0}{d} + \eta C_i - 1 \right)}, \quad (4)$$

де **B** – міждренна відстань для традиційного дренажу;
h –напір на систематичні дрени.

Аналіз розрахунків параметрів дренажного модуля за методикою Костякова О.М. (4), для випадку коли водоупор знаходиться на значній глибині ($B/m < 3$) при різних вихідних даних показує, що дана методика є оптимальною для традиційного дренажу, а для розрахунку відстаней між дренами укладеними на різну глибину вимагає доопрацювання.

Результати досліджень регулюючого дренажного модуля і аналіз формули (4) дозволили нам отримати залежність для розрахунку відстаней між дренами даного модуля:

$$B = \frac{2\pi k}{\ln \frac{B_0}{d} + \eta C_i - 1} \sqrt{\frac{h - m_1}{q_1} + \frac{h - m_1 - \Delta t}{q_2}}, \quad (5)$$

де k - коефіцієнт фільтрації $k=1,12$ м/добу;

d - діаметр трубки, $d=0,05$ м;

η - коефіцієнт обкладки дрени фільтруючим матеріалом, $\eta=0,9$;

C_i - опір на реальній дрени (Мурашко А.І.) для гладких пластмасових трубок, $C_i=5,02$;

Δt - перепад між дренами, м.

B_0 - теоретична відстань між дренами, глибокою та мілкою, досконалими за ступенем і характером розкриття водоносного шару:

$$B_0 = h \sqrt{\frac{k}{q_1} \left(1 - \frac{m_1^2}{h^2}\right) + \frac{k}{q_2} \left(1 - \frac{m_2^2}{h^2}\right)} \quad (6)$$

h - відстань від водоупору до максимальної ординати РГВ;

q_1, q_2 - інтенсивність притоку ґрунтової води відповідно до глибокої та мілкої дрени, м/добу;

m_1, m_2 - водоносний шар під дренаю до водоупору, відповідно під глибокою та мілкою, м;

Як бачимо формула (5) включає параметр Δt і B_0 , що розраховується за формулою (6). При проведенні аналізу можливостей застосування (5) взагалі, а також меж застосування та характеру взаємних залежностей між різними величинами, які впливають на параметри дренажу, було виявлено, що зміна величин дренажного стоку з глибокої дрени у відповідності до стоку з мілкої дрени відбувається за залежністю

$q_2 = \frac{q_1}{\alpha_1} - \frac{q_1}{2}$, що було отримано дослідним шляхом, при сталих значеннях

$m_1=4$ та $m_2=4,5$ (при $\Delta t=0,5$) і отримано наступні значення (табл.1).

З таблиці видно, що при збільшенні дренажного стоку, з мілкої та глибокої дрени, відстань між дренами в модулі зменшується, як в варіанті з досконалими, так і реальними дренами. Причому при збільшенні q в 2,9 рази B зменшується в 1,7 рази. Відстань від максимальної ординати рівня ґрунтових вод до глибокої дрени L (уточнена методика Олійника О.Я.) також зменшується, причому водорозділ наближається до мілкої дрени, з 10% при $q_1=0,00216$ м/добу до 20% при $q_1=0,00620$ м/добу.

Таблиця 1.

Залежність параметрів дренажного модуля від зміни дренажного стоку

q_1	q_2	B_0	B	L'	B/m_y
0,00216	0,00094	78,90193	16,97829	9,35743	3,994891
0,00261	0,00114	71,78838	15,58288	8,70350	3,66656
0,00306	0,00133	66,30648	14,49971	8,19630	3,411697
0,00351	0,00153	61,91482	13,62656	7,78770	3,20625
0,00396	0,00172	58,29414	12,90278	7,44918	3,035948
0,00441	0,00192	55,24240	12,28978	7,16259	2,891712
0,00486	0,00211	52,62468	11,76166	6,91579	2,767449
0,00530	0,00231	50,34698	11,30032	6,70027	2,658898
0,00575	0,00251	48,34154	10,89264	6,50987	2,562974
0,00620	0,00270	46,55812	10,52887	6,34003	2,477381

При зміні значень m_1 в межах від 0,5 до 10 м, в тому ж діапазоні зміни дренажного стоку і сталих значеннях інших величин, були отримані наступні залежності (рис. 2).

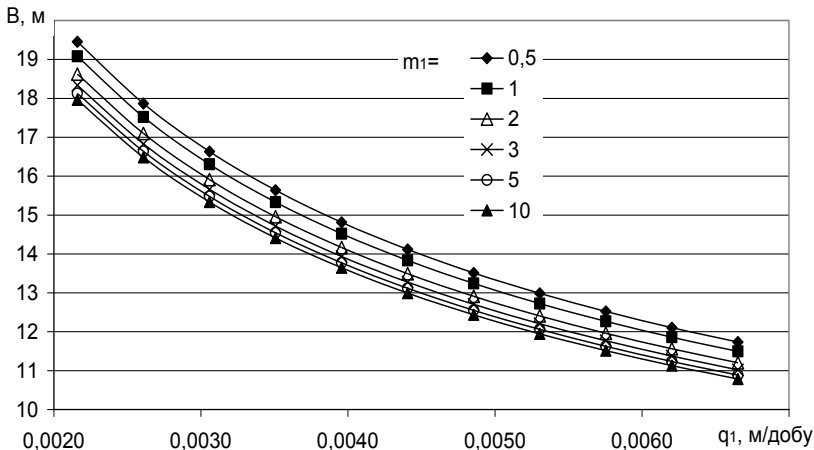


Рис 2. Залежність міждренної відстані для реальних дрен дренажного модуля від стоку q_1 та величиною водоносного шару під глибокою дреною.

З графіка (рис. 2) видно, що ступінь реагування міждренних відстаней на зміну дренажного стоку зменшується з ростом останнього. Цю зміну залежностей можна охарактеризувати коефіцієнтом чутливості K_q [6]:

$$K_q = \Delta U / \Delta C,$$

де ΔU – зміна залежної величини (в даному випадку B);

ΔC – зміна вихідної величини (q_1).

Для діапазону q_1 від 0,00216 до 0,00261 $K_q=0,00028$, для діапазону q_1 від 0,00575 до 0,00620 $K_q=0,0012$, тобто чутливість зменшилась в 4,26 рази

При збільшенні величини m_1 міждренна відстань зменшується, але незначно.

Чутливість міждренної відстані від дренажного стоку (рис. 3) зменшується на діапазоні q_1 від 0,00216 до 0,00620 в 3,83 рази.

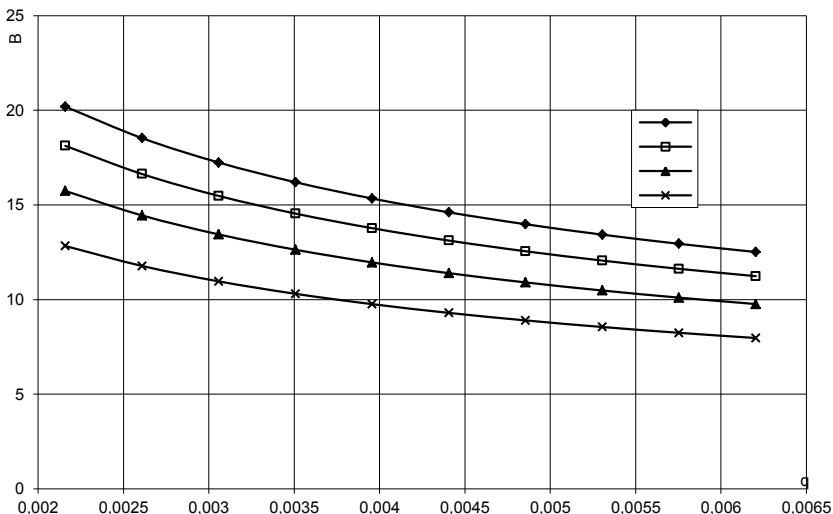


Рис. 3. Залежність міждренної відстані для реальних дрен дренажного модуля від стоку q_1 та перепаду між дренами Δt .

Графік (рис.4) показує закономірну пряму залежність відстані між дренами і коефіцієнтом фільтрації ґрунту. Так при збільшенні коефіцієнта фільтрації ґрунту від 0,5 до 1,5 м/добу, міждренна відстань збільшується від 6 до 18 м.

Графічний аналіз залежностей $B=f(K)$, $L=f(K)$, $B/m_y=f(K)$ (рис.5) дозволяє визначити межі застосування формул (5,6) при визначенні міждренної відстані та відстані від максимальної ординати рівня ґрунтових вод до глибокої дрени для різних значень фільтрації ґрунту.

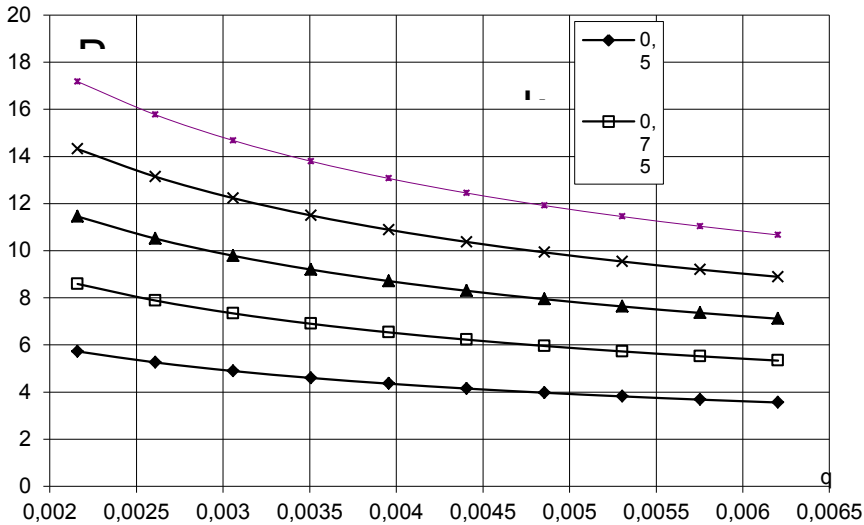


Рис. 4. Залежність міждренної відстані для реальних дрен дренажного модуля від стоку Q_1 та коефіцієнта фільтрації K .

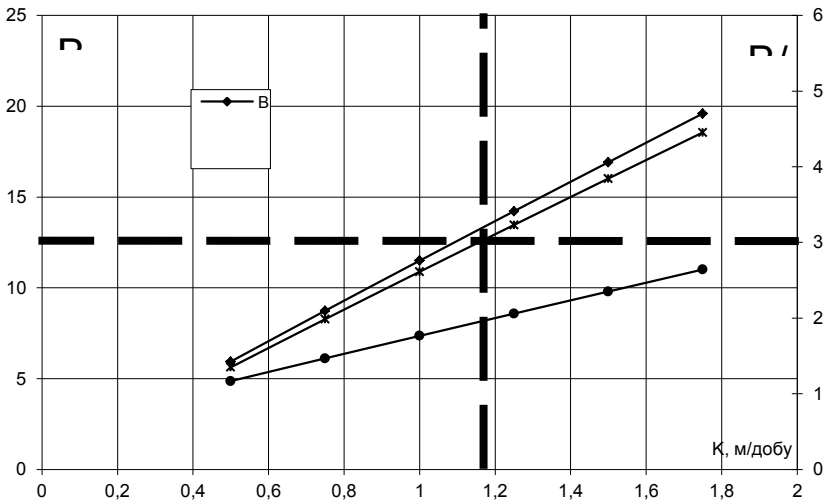


Рис. 5. Графік залежностей і меж використання методики розрахунку відстаней між дренами за формулами (5) при зміні коефіцієнта фільтрації

Для перевірки виконання умови $V/m_y < 3$ в графік внесена залежність $V/m_y = f(K)$. Горизонтальна лінія, проведена з ординати $V/m_y = 3$ до графіку $V/m_y = f(K)$ дає в точці перетину значення K , яке є максимальним для даних вихідних параметрів дренажу. Вертикаль в даній точці обмежує максимальні значення міждренних відстаней. Формула (5) може застосовуватись, якщо коефіцієнт фільтрації ґрунту знаходиться в межах $0,5 \leq K \leq 1,2$ м/добу, що дозволяє збільшувати міждренні відстані.

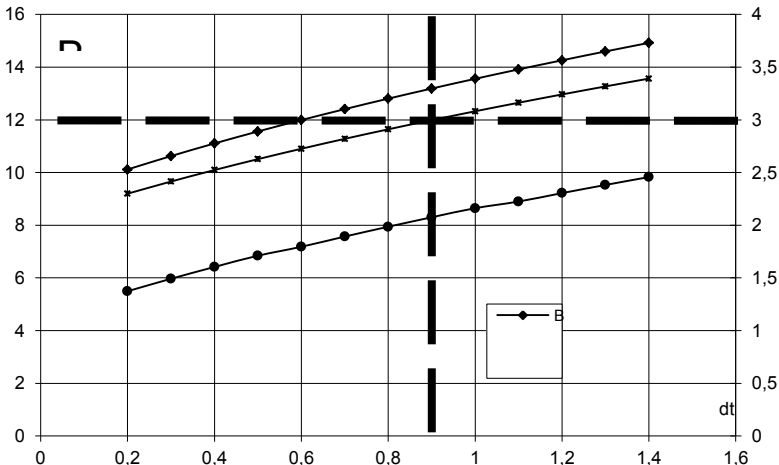


Рис. 6. Графік залежностей $V=f(\Delta t)$, $L=f(\Delta t)$, $V/m_y=f(\Delta t)$ і меж використання методики розрахунку відстаней між дренами за формулами (5,6) при зміні перепаду між дренами.

На графіку (рис. 6) для перевірки виконання умови $V/m_y < 3$ проводиться горизонтальна лінія з ординати $V/m_y = 3$ до графіку $V/m_y = f(\Delta t)$, що дає в точці перетину максимальне значення Δt для даних вихідних параметрів дренажу. Вертикаль в даній точці обмежує максимальні значення міждренних відстаней. Відповідно при $\Delta t \geq 0,85$ (5) не може бути застосована.

З графіка (рис.7) видно, що між m_1 та V існує обернена залежність, а між m_1 та L пряма.

Для перевірки умови $V/m_y < 3$ проводиться горизонтальна лінія з ординати $V/m_y = 3$ до графіку $V/m_y = f(m_1)$, що дає в точці перетину мінімальне значення m_1 для даних вихідних параметрів дренажу. Вертикаль в даній точці обмежує максимальні значення міждренних відстаней та мінімальне значення відстані від максимальної ординати рівня ґрунтових вод до водоупору.

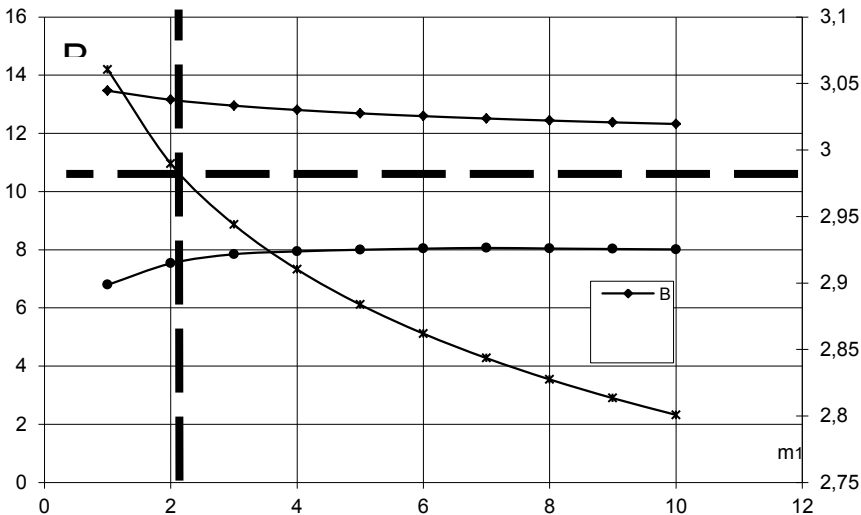


Рис. 7. Графік залежностей $B=f(m_1)$, $L=f(m_1)$, $B/m_y=f(m_1)$ і меж використання методики розрахунку відстаней між дренами за формулами (5,6) при зміні водоносного шару під глибокою дренаю до водоупору.

Розрахунок міждренних відстаней між різноглибокими дренами дренажного модуля [2] показав, що задовільний результат можна отримати за уточненою формулою Авер'янова С.Ф. при $B/m_y \geq 3$, яка має вигляд:

$$B_{мг} = \sqrt{B_o^2 + [m_y(B_2 - \eta\Gamma_i)^2]} - m_y(B_2 - \eta\Gamma_i) \quad (7)$$

де m_y - уточнена середня відстань від водоупора до глибини закладання дрен, м;

B_2 - опір за ступенем розкриття водоносного шару;

Γ_i - опір за характером розкриття водоносного шару;

B_o - відстань між дренами, глибокою та мілкою, досконалими за ступенем і характером розкриття водоносного шару (отримана теоретично-емпіричним шляхом):

$$B_o = h \sqrt{k \cdot \left(\frac{\alpha_1}{q_1} + \frac{\alpha_2}{q_2} \right)} \quad (8)$$

α_1, α_2 - коефіцієнти недосконалості розкриття водоносного шару відповідно глибокою та мілкою дренами.

Аналіз уточненої залежності (7) щодо можливості використання в формулі (1), приведений на графіках (рис.8 і рис.9).

Аналізуючи залежності (7,8) та графіки (рис.8) можна зробити висновок, що умова $V/m_y \geq 3$ показує межі застосування уточненої формули (7) для ґрунтів з коефіцієнтом фільтрації більше ніж 0,5 м/добу та інтенсивністю притоку ґрунтової води до глибокої дрени $q_1=0,006$ м/добу. При зменшенні інтенсивності притоку води виникає можливість застосування формули (7) для ґрунтів з меншими коефіцієнтами фільтрації.

З графіка (рис.9) видно, що використання уточненої формули (7) можливе для дренажу з відстанню від глибокої дрени до водоупору більшою ніж 0,5 м (для $q_1=0,006$ м/добу). При менших витратах води формула (7) може застосуватись і при менших значеннях m_1 .

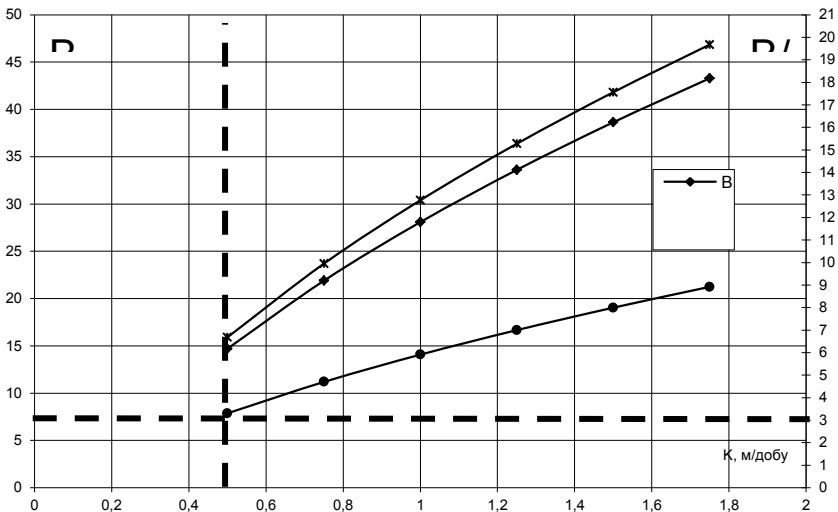


Рис. 8. Графік залежностей $V=f(K)$, $L'=f(K)$, $V/m_y=f(K)$ і меж використання методики розрахунку відстаней між дренажами за формулами (7,8) при зміні коефіцієнта фільтрації ґрунту.

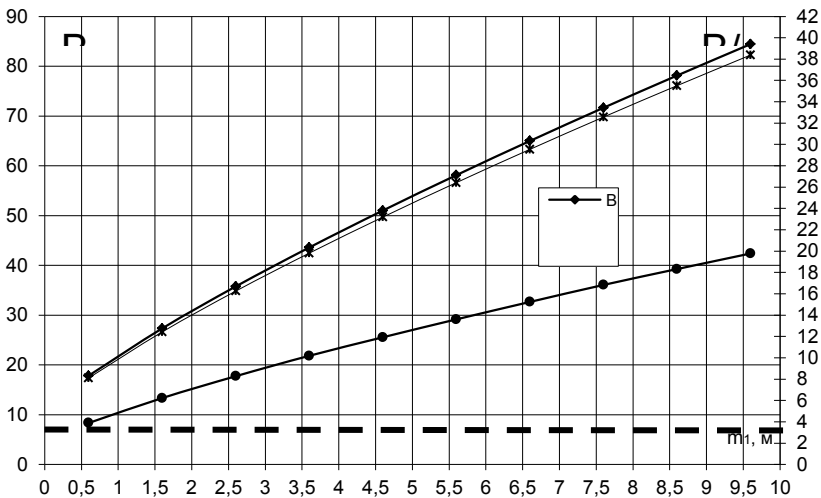


Рис. 9 Графік залежностей $B=f(m_1)$, $L=f(m_1)$, $B/M_y=f(m_1)$ і меж використання методики розрахунку відстаней між дренами за формулами (7,8) при зміні відстані від глибокої дрени до водоупору.

Отже, з виконаного аналізу можна зробити наступні висновки:

- 1) залежності (1,2) дозволяють розраховувати відстані між мілкоглибокими дренами дренажного модуля при регулюванні режиму РГВ в гумідній зоні після уточнення нами параметрів L і B за формулами (5,7);
- 2) розроблена нами методика дозволяє отримувати розрахунки відстаней між різноглибокими дренами модуля при регулюванні РГВ в екстремальні водні періоди;
- 3) теоретичні залежності (1,5,7) підтверджуються результатами досліджень в польових умовах.

1. А.с. 1288254, СССР. МКИ E02 B11/00. Сушительная система./ Н.Н. Ткачук, А.Я. Чугувец / БИ, 1987, №5, с.7. 2. Ткачук Н.Н. Горизонтальный разноглубинный дренаж. Журнал. Мелиорация и водное хозяйство. Сушение и сушительные системы: Экспресс информация Вып.7, с.6-10. / ЦБНТИ Минводхоза СССР. Москва, 1988 3. Костяков А.Н. Основы мелиорации. – М.: Сельхозгиз, 1960.- 751 с. 4. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. – М.: Колос, 1978, с.288. 5. Олейник А.Я. Геогидродинамика дренажа. Киев: Наукова думка, 1981. – 283 с.